Spring Test-Framework für die Qualitätsregelung

Die Qualität und Maßhaltigkeit von Federn während ihrer Produktion sind wichtige Qualitätsziele zur Erfüllung der Kundenzufriedenheit. Ziel in der Federproduktion ist es, die Federn in Sollqualität herzustellen, kontinuierlich zu regeln und die Produktqualität ständig zu verbessern.

Die Qualität und Maßhaltigkeit von Federn während ihrer Produktion sind wichtige Qualitätsziele zur Erfüllung der Kundenzufriedenheit [1].

Einleitung

Trends für die online-Qualitätsprüfung von Federn im Produktionsprozess sind:
– Höhere Auflösung – kleine Messunsicherheit
– Messung und Regelung einzelner Steigungen in der Feder
– kurze Beleuchtungspulse gegen Bewegungsunschärfe
– hohe Zuverlässigkeit und lange Lebensdauer (Langzeitstabilität)
– Einsatz von Mehrkamerasystemen und 3D-Messung
– Automatisierte Kalibrierung des Messsystems
– niedrige Kosten
– geringer Bauraum

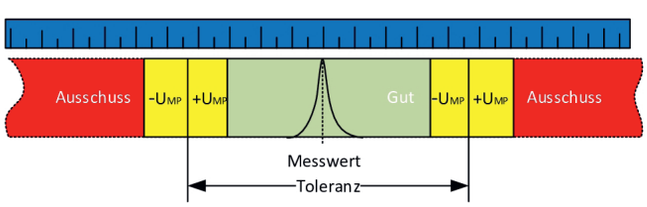

Bild 1. Notwendigkeit gut abgestimmter Prozesse und Messtechnik mit Messunsicherheit U_{MP}. *© SQB GmbH*

Die Kosten für Ausschuss- und Nacharbeit können in der Federproduktion mit dem Spring Test-Framework reduziert und optimiert werden. Das Spring Test-Framework bietet eine sehr geringe Messunsicherheit U_{MP} für die Einhaltung von Toleranzgrenzen im Herstellungsprozess (Bild 1).
Ziel in der Federproduktion ist es, die Federn in Sollqualität herzustellen, kontinuierlich zu regeln und die Produktqualität ständig zu verbessern. Das Spring Test-Framework eignet sich besonders für den Aufbau von online-Qualitätsregelkreisen in Federwindemaschinen [2]. Für die praktische Umsetzung von online-Qualitätskreisen mit dem Framework Spring Test ist anzustreben, dass die Regelung selbsttätig und adaptiv arbeitet. Qualitätsführungsgrößen im Qualitätsregelkreis sind in der Federproduktion beispielsweise Sollwert und Toleranzbereich eines Qualitätsmerkmals.

Hardware-Set für das Spring Test-Framework

Ein Beispiel für ein erforderliches Hardware-Set und für das Spring Test-Framework zeigt Bild 2. Qualitätsregelkarten können als Qualitätsregler verstanden werden. Den prinzipiellen Aufbau einer Qualitätsregelkarte zeigt Bild 3.

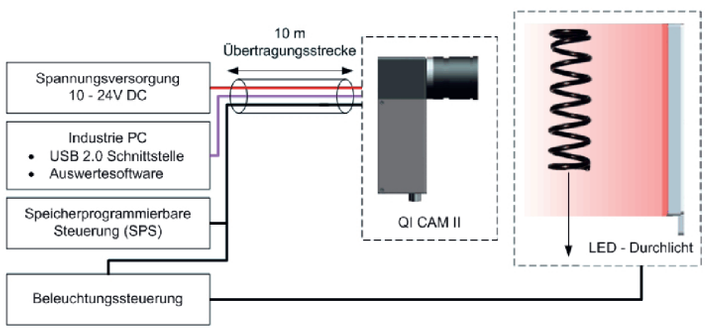

Bild 2. Bestandteile und Struktur für ein Hardware-Set des Spring Test-Frameworks zur online Qualitätsregelung in einer Federwindemaschine. *© SQB GmbH*

Zur Regelung der Qualitätsmerkmale in der Federproduktion dienen die Eingriffsgrenzen (OEG; UEG), Warngrenzen (OWG; UWG) und die Mittellinie (M) in einer Qualitätsregelkarte [1].
Liegen die Messwerte der Federn innerhalb der Eingriffs- und Warngrenzen, kann der Prozess in gleicher Weise fortgeführt werden.
Liegen die Werte außerhalb der Eingriffsgrenzen, wird in den Prozess regelnd eingegriffen und die Ursache für die Veränderung des Prozesses gesucht. Liegen die Werte außerhalb der Warngrenzen, ist der Prozess mit erhöhter Aufmerksamkeit zu beobachten.
Die Güte der Regelung hängt von der Lage der Eingriffsgrenzen der Qualitätsregelkarte ab. Zur Berechnung der Eingriffsgrenzen wird die Verteilungstheorie benutzt [1].

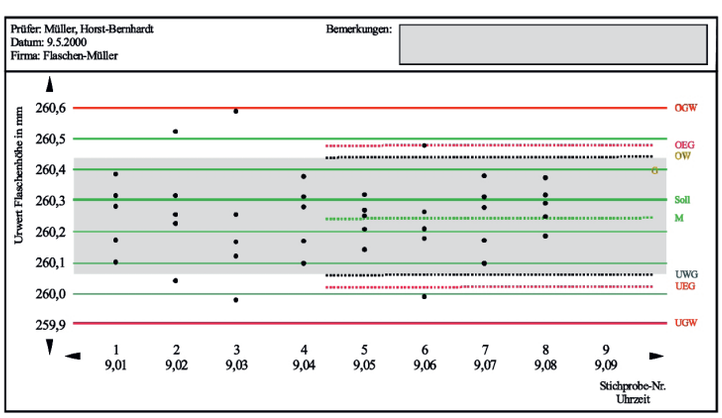

Bild 3. Qualitätsregelkarte als grafische Zweikoordinatendarstellung der Werte und des Graphen des Verlaufs von Kenngrößen einer Feder zur Qualitätsregelung von Prozessen [1]. *© SQB GmbH*

Spring Test-Framework mit Qualitätsregler, Steuerglied und automatischer Erkennung des Federtyps

Das Spring Test-Framework dient zur Analyse und Messung von verschiedenen Federgeometrien. Die Software vergleicht die vom Messglied „Kamera“ ausgegebenen Werte für Durchmesser und Länge der Feder mit der Qualitätsführungsgröße (Soll- und Toleranzwerte). Im Fall einer Qualitätsregelabweichung (Messwert > Toleranz) wird ein Regelschritt an die Maschinensteuerung gesendet (Steuerglied).

Das Spring Test-Framework erkennt produzierte Federtypen automatisch. An Federn wird ein sehr hoher Qualitätsanspruch unter anderem in Bezug auf die Einhaltung der Geometrie gestellt, so dass moderne Federwindemaschinen mit dem Spring Test-Framework zur 100%-Prüfung der Federgeometrie während der Produktion ausgerüstet werden können. Die zugehörige Bediensoftware (Userinterface) muss auf einfache und sichere Bedienphilosophie und Benutzerkomfort ausgerichtet sein. Es ist damit möglich, die verschiedenen Federtypen automatisch im Bild zu erkennen und automatisch die geometrischen Qualitätsmerkmale Länge und Durchmesser zu messen (Bild 4).

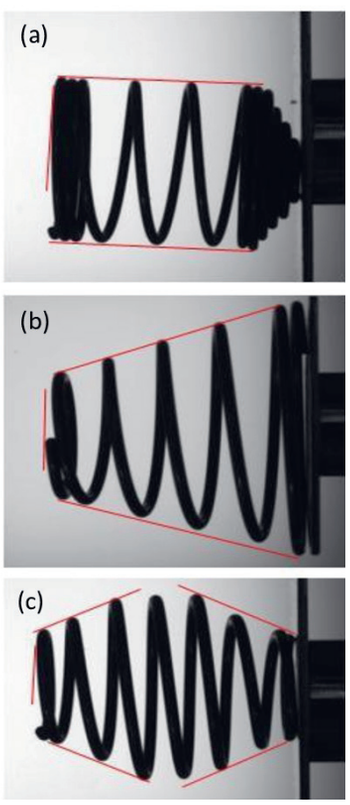

Bild 4. Automatische Erkennung von Federtypen (a-zylindrisch, b-einfach konisch, c-doppelt konisch). *© SQB GmbH*

Messglied Kamera zur online-Qualitätsregelung in einer Federwindemaschine

Für den Einsatz von Spring Test in einer Federwindemaschine ist als Messglied eine Kamera mit Objektiv erforderlich, die in der Lage sein muss, möglichst die Qualität (Länge, Durchmesser) jeder produzierten Feder im Prozess online zu messen (Bild 5). Die Messsoftware im Spring Test-Framework führt den Vergleich mit dem Sollwert und der Toleranz (Qualitätsführungsgrößen) durch und gibt eine Regelabweichung an die Maschinensteuerung aus.

Praktische Umsetzung des Spring Test-Frameworks in einer Federwindemaschine

Das Erstellen eines neuen Prüfplanes muss einfach, sicher erfolgen und gleichzeitig die Stillstandzeiten der Maschine verkürzen. Wenn der Maschinenbediener eine neue Feder auf der Maschine eingerichtet hat, betätigt er nur noch den „Button Prüfplanung“ zum Start für die Erkennung des Federtyps. Damit wird ein neuer Prüfplan mit den entsprechenden Parametern geladen und die Maschine ist produktionsbereit. Die Software ermittelt automatisch den Federtypen, die Federlage und setzt die entsprechenden Messpunkte für die zu prüfende Feder.



Bild 5. Messglied Kamera mit Objektiv im online-Qualitätsregelkreis. *© SQB GmbH*

Eine weitere Eigenschaft des Spring Test-Frameworks ist die automatische Nachführung der Messpunkte. Da es sich um einen hoch-dynamischen Fertigungsprozess handelt, weist jede Feder aufgrund von Schwingungen eine gewisse Lageabweichung gegenüber ihrem produzierten Vorgänger auf (Bild 6).

Spring Test-Framework kann die neue Lage der Feder infolge der Schwingung ermitteln und die Messpunkte entsprechend neu nachführen. Damit können beispielsweise bis zu 900 produzierte Federn/Minute hinsichtlich geometrischer Merkmale wie Länge oder Durchmesser geprüft werden. Die Messwerte werden in Echtzeit mit den Regel- und Toleranzgrenzen verglichen. Wird die Feder beispielsweise länger, greift das Spring Test-Framework in den Prozess ein und korrigiert die Federlänge automatisch, so dass die nächste Feder wieder mit richtiger Länge hergestellt wird. Die produzierten Federn können in Echtzeit automatisch sortiert werden.

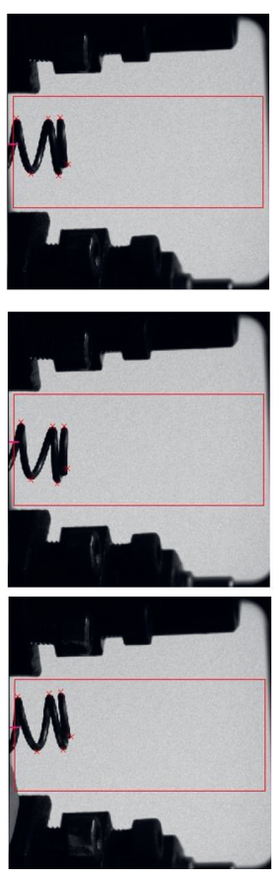

Bild 6. Bilder mit schwingenden Federn (a – waagerecht; b – nach unten schwingend; c- nach oben schwingend). *© SQB GmbH*

Steuerbare und spektral abgestimmte Beleuchtungssysteme für das Spring Test-Framework in einer Federwindemaschine

An das Beleuchtungssystem für das Spring Test-Framework in einer Federwindemaschine bestehen folgende besonderen Anforderungen: unterschiedliche Abmessungen (Bild 7), Fähigkeit für sehr kurze Blitzzeiten mit Steuerungshardware Flash Control im Mikrosekundenbereich und Synchronisation der Blitzdauer mit der Bildaufnahme des Spring Test-Frameworks. Ein spektral abgestimmtes Systemkonzept der Beleuchtung mit Polarisationsfiltern schafft optimale Abbildungsleistungen für die Messung durch die Elimination von Reflexionen (Bild 8).



Bild 7. Backlights für das Spring Test-Framework in vier Größen für unterschiedliche Abmessungen der Federn. *© SQB GmbH*

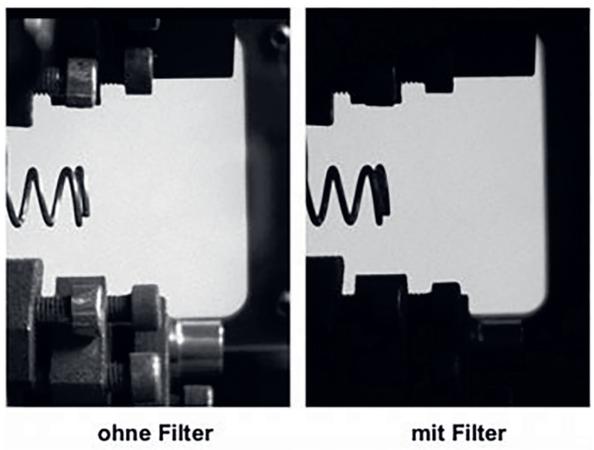

Bild 8. Beleuchtung einer Feder mit und ohne Polarisationsfilter zur Reduzierung von Reflexionen. *© SQB GmbH*

Adaption auf andere Prüfaufgaben möglich

Das beschriebene Spring Test-Framework für die Integration in Federwindemaschinen hat sich im praktischen Einsatz vielfach bewährt und ist auch auf andere Bauteile übertragbar. Beispielsweise können damit auch Nägel, Schrauben und andere Drahtbiegeteile optisch geprüft werden. Grundsätzlich kann das Verfahren mit wenigen Anpassungen auf viele getaktete oder kontinuierlich produzierte Bauteile übertragen werden.

Literatur

[1] Linß, Gerhard / Linß, Elske: Qualitätsmanagement Methoden und Werkzeuge. München: Hanserverlag, 2024

[2] Steinbeis Qualitätssicherung und Bildverarbeitung GmbH, Webseite: https://sqb-ilmenau.de/steinbeis-qualitaetssicherung-bildverarbeitung-produkte.html, Stand: 11.09.2026

Die Autoren des Beitrags sind Gerhard Linß und Steffen Lübbecke.

Steinbeis Qualitätssicherung und Bildverarbeitung GmbH (SQB GmbH)
Werner-von-Siemens-Straße 9, 98693 Ilmenau
Tel.: +49 171 5123758
gerhard.linss@sqb-ilmenau.de
www.sqb-ilmenau.de



Menschen. Märkte. Meisenbach.